BIM技术在航天医院门诊外科大楼钢筋工程中的应用

刘玉柱[1]　杨　凯[1]　杨　陈[2]　郑自远[2]　刘晶晶[2]

(1. 湖南航天建筑工程有限公司,长沙　410205;2. 湖南省建筑工程集团总公司,长沙　410004)

【摘　要】湖南航天医院门诊外科大楼平面形状为“楔型”,内部结构中部分梁柱节点存在有多根不同方向的梁交汇于柱节点的情况,节点处钢筋密集复杂。在项目实施过程中,项目部运用BIM技术通过分层着色、合理确定钢筋参数等方法实现了钢筋在三维模式下的空间位置精确定位、三维彩色显示、工序安排、钢筋原材定尺长度优化的目的,提高了钢筋施工质量与原材料利用率。

【关键词】BIM; 钢筋识别、排布、优化; 碰撞检查; 工序安排
【中图分类号】TU17　【文献标识码】A　【文章编号】1674-7461(2017)02-0067-06
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2017.02.11

1　前言

建筑信息模型(BIM)概念是由当时就职于美国乔治亚技术学院的Charles Eastman博士提出来的;1975年,他以“Building Description System”为课题原型发表在名为AIA Journal的杂志中[1,2]。2010年,中国房地产业协会根据对中国BIM技术应用的认知和应用程度的调查,提出了在我国房地产行业普及BIM技术的建议[3]。通过这几年的应用探索,国内很多大型项目都成功地运用了BIM技术,比如世博会国家电网企业馆、上海世博会芬兰馆、上海世博会德国馆等[4,5]。目前BIM技术已广泛应用于设计、施工、运维等建设行业各领域; 并实现了“互联网+建筑业”的有效融合[6],给建筑业的发展带来了新的革命。

BIM是依据IFC标准按项目建设实施阶段的需要搭建和完善而成的三维参数化数字模型,因而具有能够向建设项目各参与方提供整个项目全生命周期的各类信息,并使信息具备联动、实时更新、动态可视化、共享、互查、互检等特点[7]。基于BIM技术的上述特点,可以通过直接建立3D钢筋BIM模型,实现在钢筋工程的多环节进行联动应用,带来信息传递真实高效、工程量计算轻量化、施工模拟等好处,从而降低钢筋施工成本,提高工程质量。本文通过以湖南航天医院门诊外科大楼钢筋工程中运用BIM工具软件(Autodesk Revit Extensions(2016)及广联达GFY)的实践,探讨在钢筋工程施工中运用BIM技术所发挥的积极作用。

2　工程概况

湖南航天医院门诊外科大楼工程位于长沙市枫林三路与麓枫路交叉路口西南角,现浇钢筋砼-框架剪力墙结构,地下室2层,地上建筑16层,总建筑面积33 888.10m^2,建筑高度65.04m,平面形状类似“楔型”。建筑结构内部梁体系平面形状多以“三角形”或“非平行四边形”构成,梁与柱非正交且梁截面几何尺寸不一致,导致梁柱接头处钢筋密集复杂、施工困难。图1所示的a轴与22轴相交处的KZ11有来自5个不同方向的梁在此交汇,钢筋分层交错布置; 按现有图纸及平法构造的二维结构表达方法难以顺利施工,必须采用BIM技术对该节点处各构件的几何尺寸、空间位置、锚固长度、施工工序进行施工深化设计、构建合理的三维施工模型,以确保钢筋混凝土质量和施工便利。

【作者简介】　刘玉柱(1964-),男,高级工程师。主要研究方向:BIM技术在施工方面的应用。

3 BIM 钢筋施工软件的特点与选择

涉及钢筋工程的软件按其用途可分为以下几个类别:一是结构设计软件,如 PKPM 结构设计软件;二是施工算量软件,如广联达 GGJ 软件;三是施工放样软件,如广联达 GFY 软件;四是目前正在盛行的 BIM 软件,如 Revit 软件。各类软件分别具有其自身的特点以及相应的应用范围,在钢筋工程应用方面各有所长,但可直接指导钢筋工程施工的常用软件为施工放样软件和 BIM 钢筋软件。为了更好地应用钢筋施工软件,故将目前钢筋工程施工中常用的广联达 GYF-2013 和 Revit-2016 软件的特点比较如表 1。

通过比较以上两款软件的特点,充分发挥其在实际工程中的长处作出如下安排:应用广联达 GYF-2013 软件进行钢筋钢筋原材定尺长度的优化与下料的计算与成本控制;应用 Revit-2016 软件进行构件复杂节点钢筋三维模型的建立,查找钢筋碰撞点,进行钢筋连接方式的优化和空间位置的调整,并通过分层着色的方法合理安排钢筋安装的施工顺序。

4 钢筋的识别、排布与优化

4.1 GFY 识别建模及参数设置

应用广联达 GFY 软件建模的方式有三种,一种是通过导入 CAD 平法图形文件进行识别;二是直接导入广联达 GGJ 文件进行转换;三是根据图纸通过人机交互进行构件的绘制或参数化建模。第一种方式比较方便,可以在建模的过程中修正设计图纸的明显错误,直接检查建模成果,费时较少;第二种方式费时可能最少,但目前项目建设过程中造价人员与施工人员是分离的,前者成果的准确性如何往往需要重新确认;第三种方式必须对每个构件的信息进行录入和绘制,方能生成最后的模型,费时最长。目前,施工过程中多采用第一种方式建模。

在建立项目工程文件时,首先要录入工程项目基本信息,然后进行工程项目构件通用参数的设置,再进行工程具体构件信息的识别或录入。工程项目构件通用参数设置分为三种:一类是构件几何参数信息,另一类钢筋计算通用参数,再者就是钢筋下料长度模数的设置。在完成构件通用参数的设置后,即可进行构件信息的识别。下面以湖南航天医院外科大楼结构二层楼面 KL－18(2)为例说明构件识别的过程(见图 1)。

梁建模主要过程如下:打开软件 →新建工程→录入工程信息及钢筋参数设置→导入 CAD 平法图纸→图纸分割、定位 →选择需要识别的梁图纸 →识别梁→梁信息正确性检查及修改→ 确认。通过识别的方式,即可实现钢筋信息的自动录入,进而生成钢筋下料模型。

表 1 广联达 GYF-2013 和 Revit-2016 软件特点比较

项目	广联达 GYF-2013	Revit-2016
信息的录入方式	可通过人机交互方式进行钢筋信息的录入,也可利用软件本身自带的识别功能进行 CAD 二维平法图形的识别建模;	只能采用人机交互方式进行钢筋信息的录入;
设备要求	对计算机设备的内存和运算速度无特别要求,常用设备即可满足;	计算机配置要求较高,内存应≥8GB RAB;CPU 性能满足 i7 或性能相当的处理器;显卡支持 DirectX 10 及 Shader Model 3;
参数调整便利性	可利用软件预设的参数录入模块能够全面实现钢筋信息的录入,并能自动生成新的全信息钢筋模型,比较方便;	可利用软件预设的参数录入模块能够部分实现钢筋信息的录入,只能生成部分信息的钢筋模型,全信息模型需要通过设置多个截面进行调整,比较繁琐;
原材定尺长度优化	可通过人机交互方式实现钢筋原材定尺长度的最优化;	难以实现钢筋原材定尺长度的最优化;
钢筋排布空间位置优化	可利用软件预设模块实现钢筋在平面状态下的参数调整。如:钢筋长度、型号、规格、连接方式、锚固方式等,它只能在选中单一构件的情况下进行修改和调整,钢筋的空间位置是按模型预设的,不能满足多构件可能交叉的情况;	可以实现在三维模式下任意截面上钢筋排布空间位置的优化与调整,能够全面满足多构件钢筋交叉情况下的钢筋位置调整与优化,能够实现模拟施工真实环境的目的;
三维显示	只能按软件预设模型显示单一构件三维钢筋形状与信息;不能实现单根钢筋的着色,不能精确地显示钢筋三维信息,不能解决多构件钢筋交叉时的碰撞问题;	能够精确直观地实现多构件三维状态下钢筋形状与信息,可以对单根钢筋进行着色区别,能够解决多构件钢筋交叉时的碰撞问题;
施工符合性	能够实现按区域快速、精确的生成钢筋下料单,直接用于工程提量、采购与成本控制。	难以实现按区域快速、精确的生成钢筋下料单,但其钢筋三维模型可以完全地模拟施工环境,并通过分层着色的方法,直观指导操作工人进行多构件交叉处复杂节点的钢筋施工。

图 1　梁识别方式建模过程

4.2　钢筋排布

在常用构件类型所属的界面选中“梁”构件，然后在汇总命令栏选择“钢筋排布”命令后，再点击需要查看的梁（如二层楼面 KL－18（2）），则以平面方式显示如图 2 所示的构件钢筋排布图；在此图中直接修改钢筋的种类、规格、连接方式与位置、梁端钢筋保护层厚度、钢筋弯锚长度等钢筋下料参数，软件会自动锁定修改后的钢筋参数；通过对钢筋排布相关参数的调整，可以实现在钢筋排布平面中进行钢筋连接方式与位置、钢筋锚固长度、钢筋端部保护层厚度的优化，以达到既满足设计文件又便于施工的目的。

4.3　原材定尺长度的优化

按构件类型确定钢筋断料长度模数优化顺序，然后通过人机交互模式选择不同的钢筋原材定尺长度的供应方案，从而合理确定钢筋下料长度并减少钢筋断料废料，是广联达 GYF 软件的核心功能之一。在“模数设置”中，根据各类构件的工程设计和原材料供应情况设置“原材定尺长度”、“长度模数及优化顺序”。长度模数的优化顺序可以设定为定尺长度、1/2 * 定尺长度、1/3 * 定尺长度、1/4 * 定尺长度、1/5 定尺长度、楼层高度；总之按照即符合规范要求又钢筋废料最少的原则，从而达到钢筋损耗最少的目的。以湖南航天医院门诊外科大楼为例，

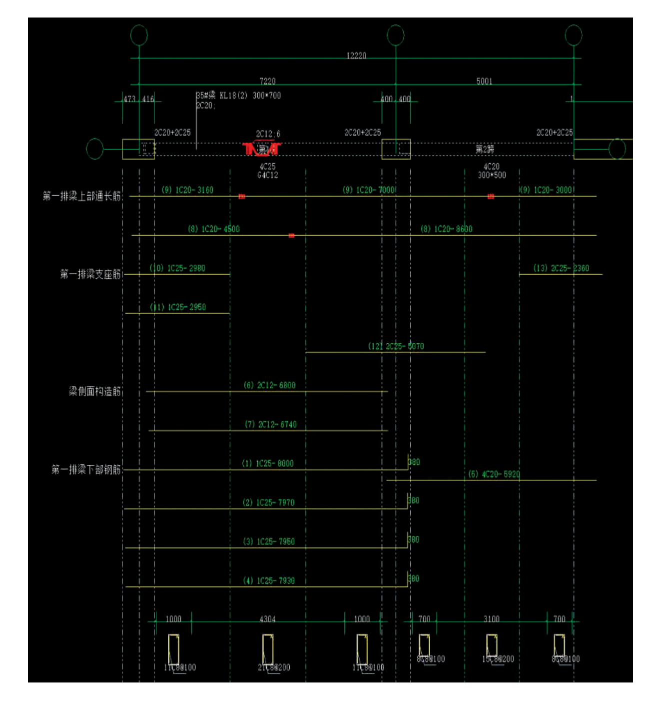


图 2　二层楼面梁 KL－18（2）钢筋排布

通过利用广联达 GFY 软件进行原材定尺长度优化后，在同等条件下，对航天医院一、二层钢筋混凝土构件的钢筋用量进行统计比较（见表 2），可以看出运用 BIM 钢筋放样软件可以将钢筋预算工程量降低 2.47% 左右；既有利于钢筋使用过程中的管理，又提高工程效益。

土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture

表 2　航天医院一、二层钢筋混凝土构件钢筋用量　t

软件类型	合 计	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
GGJ 软件	143.78	2.44	45.91	34.87	2.67	2.60	7.67	7.41	18.53	13.68	8.01
GFY 软件	140.24	2.90	43.88	34.69	3.28	2.52	7.88	7.40	17.22	13.02	7.43

5　复杂节点钢筋施工深化设计

对于多构件交汇的钢筋混凝土梁柱接头或空间桁架相交的复杂节点，因构件空间布局复杂，节点处的钢筋互相交错、各构件的受力主筋及箍筋在节点处安装时容易发生碰撞，给施工造成困难，以至于导致钢筋安装质量无法满足设计要求，甚至造成二次施工，增加项目成本。目前，基于平法表示的二维图纸或钢筋模型文件无法表示复杂节点处每一根钢筋的空间关系，但采用因其具有三维数字化的特点 Revit 结构软件可以清晰表达任意截面每一根钢筋的三维空间关系。以下通过湖南航天医院二层楼面结构中 a 轴与 22 轴梁柱相交处的节点钢筋位置的三维显示与空间位置调整的工程实例，来说明利用 Revit 软件进行复杂节点钢筋施工深化设计在以下几个方面的应用。

5.1　钢筋着色与碰撞检查

在 Revit-2016 中软件安装“Extensions”钢筋插件，通过人机交互方式快速生成梁柱节点三维钢筋模型。在常规三维钢筋模型中一般不对钢筋信息进行特定的着色设置，故钢筋显示是按默认的同一颜色进行显示的，在三维可视化图中各种钢筋不便于区分；为了便于查看钢筋，需要在已经绘制的钢筋模型中通过对不同位置的钢筋材质属性进行分别的颜色属性定义，以达到识别不同钢筋的目的。

钢筋碰撞检查，是通过对已经着色区分的钢筋三维模型进行 360°旋转、切换不同角度进行直观的查看，初步了解钢筋穿插产生的碰撞点；对于钢筋密集部位无法直观看清的碰撞点，可通过绘制任意视角的剖切面，在截面视图中去发现钢筋在 X、Y、Z 轴空间方向上的碰撞情况（见图 3）。

5.2　钢筋碰撞的调整优化

在发现钢筋碰撞点后，比较简便的处理方法是确定一个方向上的钢筋空间位置，然后通过设置不同的保护层厚度的方法来改变另一个方向上钢筋在混凝土构件中的空间位置。对于钢筋排布特别复杂的节点，当采用调整保护层厚度的方法仍然无法实现时，则需在截面视图中通过人机交互的方法，调整钢筋在混凝土构件中的空间位置来错开钢筋的碰撞点（见图 4 – 5）。

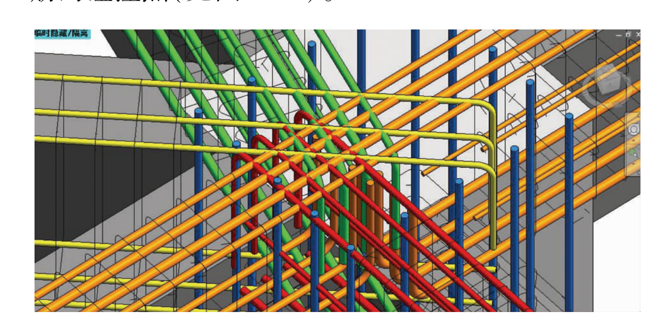


图 3　钢筋着色与碰撞点三维视图

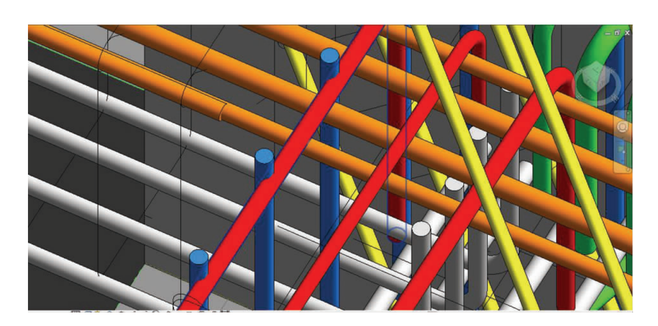


图 4　复杂节点钢筋调整前局部排布

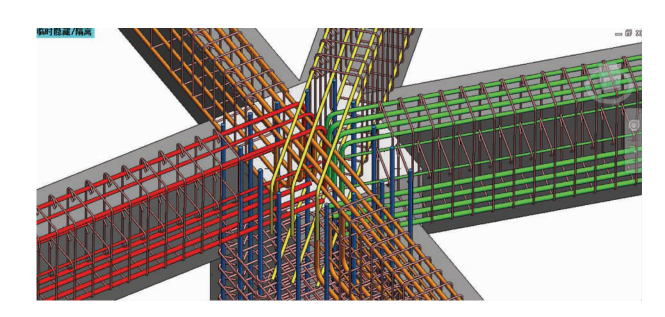


图 5　复杂节点钢筋调整后整体排布

5.3　工序安排

利用软件可以进行钢筋着色显示的功能，对于从不同方向伸入节点柱的梁钢筋；根据梁截面几何尺寸、受力等情况考虑钢筋安装的先后顺序并通过分层着色以实现钢筋安装工序的合理安排。下面以二层 a 轴与 22 轴梁柱相交处的节点钢筋安装为例，具体说明利用软件实现钢筋安装工序可视化的过程（见图 6）。

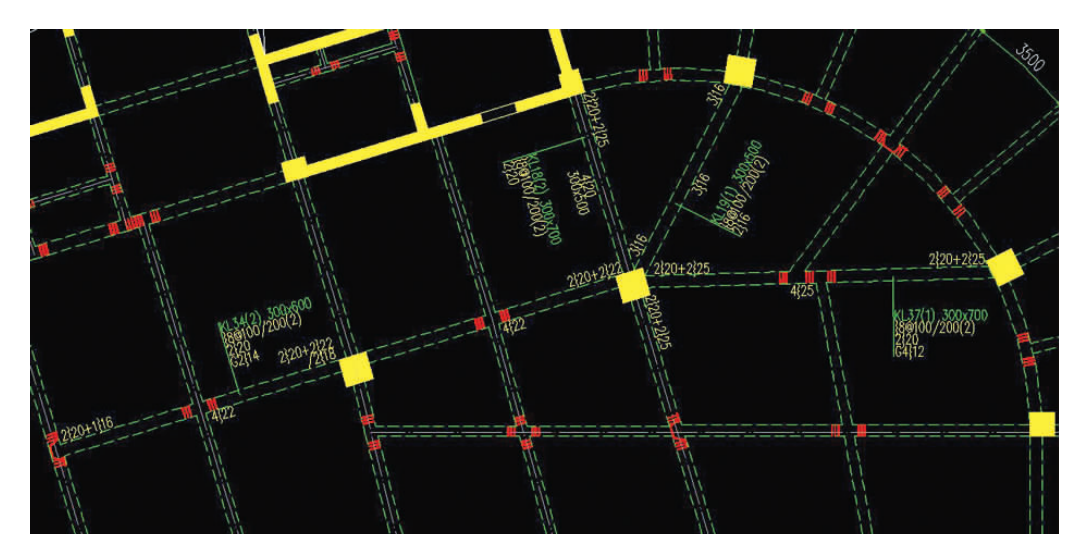


图 6 轴与轴梁柱相交处二维平法 CAD 局部示意

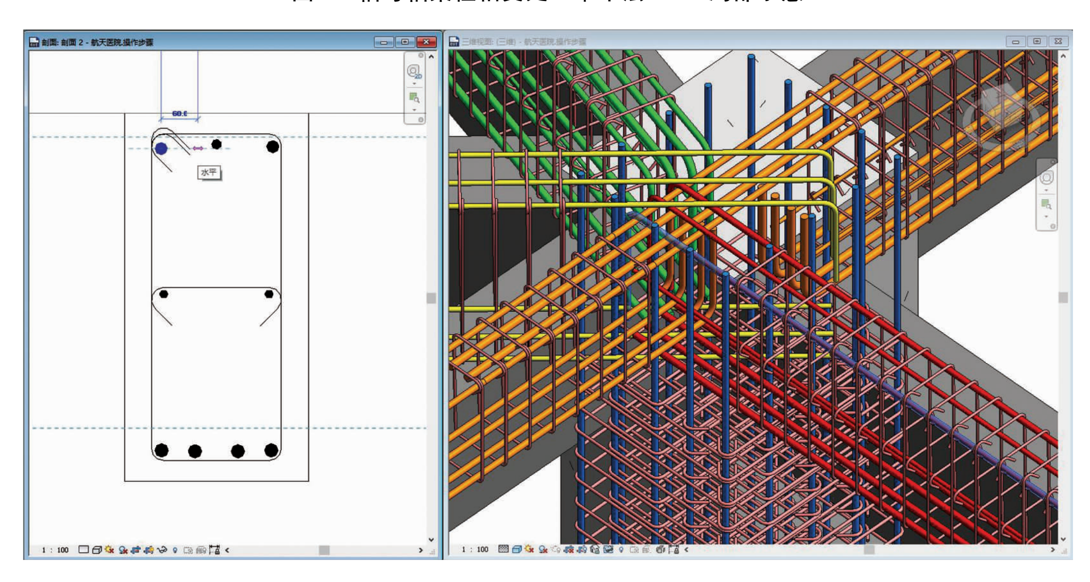


图 7 a 轴与 22 轴梁柱相交处分层着色三维局部示意

在二层 a 轴与 22 轴相交处有分别来自五个不同方向的梁、柱构件在此汇集，其分别为框架柱 KZ11 和来自不同方向的 KL18、KL34、KL37、KL19 框架梁，梁上部钢筋分别为 2B20 + 2B25（KL18）、2B20 + 2B22（KL34）、2B20 + 2B25（KL37）、3B16（KL19）；此节点钢筋交错、密集且可能重叠；如果生硬地按二维平法设计图纸进行钢筋排布下料，有可能会导致钢筋安装不合理或无法安装的情况出现。因此，应根据梁、柱构件的截面几何尺寸、梁构件相互之间的标高关系、构件受力情况，安排梁钢筋安装的先后顺序。其中 KL18 梁受荷最大，考虑第一层安装，梁底保护层厚度按设计保持 20mm 不变，在节点交汇处通过改变局部端箍筋高度的方法将梁顶保护层厚度调整为 65mm，并标注为橙色；同理，在满足钢筋锚固要求的前提下，将 KL34（红色）跟 KL37（绿色）置于 KL18 之上，处于相对状态的第二层，其局部梁端顶部保护层厚度调整为 40mm，分别标注为红色和绿色；KL19 为次要梁放置在第三层即节点钢筋顶部的最外层，局部梁端顶部其保护层厚度设置为 20mm，标注为黄色。对通过调整保护层厚度仍然有碰撞点出现的情况，则需要对不同方向梁做剖切面，在多视图模式下对梁剖面视图中的钢筋空间位置进行垂直方向精确移动调整，来避开碰撞点，最后生成满足规范要求和现场施工实际情况的三维施工图形来进行技术交底和指导操作工人施工（见图 7）。

6 结束语

实践表明运用 BIM 技术进行复杂节点钢筋深化设计,可以在施工前发现钢筋碰撞点,在三维模式下对钢筋的空间位置进行调整和排布优化,使钢筋的位置、锚固长度、连接方式和部位等方面满足规范和设计的要求,并实现钢筋安装工序的模拟和技术交底,以达到便于混凝土振捣密实,提高钢筋混凝土工程的施工质量和工作效率的目的;同时,可通过优化原材定尺长度实现降低钢筋损耗、节约施工成本的效果。

鉴于目前各种 BIM 软件各具特点,且不能与中国现行的工程建设技术规范进行深度融合,导致从规划设计到运维管理的整个建筑全生命周期中,各使用单位出于知识产权保护等方面的原因各行其是。BIM 软件之间的兼容性差,同一工程项目各阶段的模型信息不能有效的共享和传递;以至于各单位乃至各单位内部各个应用阶段都需要重新建模,造成大量的人力和财力的浪费。因此,从国家层面加强 BIM 技术推广的政策引导,使 BIM 技术在中国的建设行业尽快开花结果是非常必要的;随着国家《建筑信息模型应用统一标准》和《建筑信息模型施工应用标准》等一系列 BIM 标准的出台,必将给建设行业带来更新层次的变化。

参考文献

[1] 杨东旭. 基于 BIM 技术的施工可视化应用研究[D]. 广州:华南理工大学, 2013.

[2] 张艺晶. Revit 软件基于项目的二次开发应用研究[D]. 河北:河北科技大学, 2015.

[3] 王静. 建筑信息化"十一五"成果与"十二五"展望[J]. 建筑科技, 2011(12).

[4] 苏骏, 叶红华. 基于 BIM 的设计可视化技术在世博会德国中的应用. 土木建筑工程信息技术, 2009,1(1):87-91.

[5] 过俊. 运用 BIM 技术打造绿色、亲民、节能上海世博会家电网企业馆[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010,2(2):63-67.

[6] 中国建筑施工行业信息化发展报告(2016) 互联网应用与发展[M]. 北京:中国城市出版社, 2016.

[7] 焦柯, 杨远峰. BIM 结构设计方法与应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.

Application of the BIM Technology in the Reinforcement Construction of the Hunan Aerospace Hospital Surgery Building

Liu Yuzhu[1], Yang Kai[1], Yang Chen[2], Zheng Ziyuan[2], Liu Jingjing[2]

(1. *Hunan Aerospace Construction Engineering Co., Ltd., Changsha* 410205, *China*;
2. *Hunan Construction Engineering Group., Changsha* 410004, *China*)

Abstract: The surgery building of Hunan Aerospace Hospital is a wedge-shaped architecture, in which exists some beam-column joints intersected with beams from diverse directions, where the steel bars are densely distributed and highly complexed. During the construction progress, the project department adopted BIM technology, through using methods like layered coloring and reasonably determining the reinforcement parameters, thus finally achieves achieve the purposes of accurately positioning steel bars and colored displaying under 3D mode, as well as construction schedule management and optimization of steel bar length. All these work has improved the construction quality, and also increased the utilization ratio of raw materials as well.

Key Words: BIM; Steel Bar Automatic Recognition; Layout and Optimization; Collision Detection; Procedure Management